Avances de Investigación

Efecto de los corredores ribereños sobre el estado de quebradas en la zona ganadera del río La Vieja, Colombia

Julián Chará[1]; Gloria Pedraza[1]; Lina Giraldo[1]; Denis Hincapié[2]

Palabras claves: macroinvertebrados; monitoreo biológico; pastoreo tradicional; quebradas andinas; sistemas silvopastoriles.

RESUMEN

En la cuenca del río La Vieja, en Colombia, los ambientes acuáticos han estado bajo presión como resultado de la deforestación, la expansión de la agricultura y las pasturas plantadas sin proteger las quebradas o riachuelos de la zona. Una de las estrategias planteadas para disminuir el impacto de las actividades humanas sobre los cuerpos de agua son los corredores ribereños. En este estudio, se evaluaron las características bióticas y abióticas de quebradas que drenan en microcuencas con dominancia de pasturas y se compararon esas características en quebradas con protección de corredores ribereños y sin ellos. Se seleccionaron 15 microcuencas ganaderas para obtener información sobre el hábitat, la calidad del agua y la comunidad de macroinvertebrados acuáticos. Cinco de las 15 quebradas tenían protección mediante corredores ribereños. Las quebradas con corredores ribereños presentaron menor turbidez, demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y coliformes y mayor diversidad de sustratos y porcentaje de piscinas que las quebradas sin protección. La abundancia relativa de macroinvertebrados de los órdenes Trichoptera y de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera combinados fue mayor en las quebradas protegidas, mostrando que el ambiente de estas es más adecuado para estos taxones, considerados sensibles a la perturbación. Los corredores ribereños demostraron su utilidad en la reducción del impacto negativo del pastoreo en microcuencas pequeñas de la cuenca del río La Vieja, al disminuir el deterioro de la calidad del agua y proveer un hábitat físico más favorable para la fauna acuática.

The effect of riparian corridors on the state of water sources in a cattle dominated landscape of the La Vieja river basin, Colombia

Key words: Andean streams; biological monitoring; macroinvertebrates; silvopastoral systems; traditional grazing.

ABSTRACT

In the La Vieja river watershed, Colombia, aquatic environments have been under high pressure as a result of deforestation, agricultural expansion and pasturelands established without protecting the streams. A proposed strategy to reduce the impact of human activities on streams is the establishment of riparian corridors. In this study, the biotic and abiotic characteristics of streams draining pasture-dominated catchments were evaluated by comparing streams with and without the protection of riparian corridors. Fifteen pasture-dominated watersheds were chosen to collect information about habitat, water quality and macroinvertebrate communities. Five out of the 15 watersheds had riparian corridors to protect the streams. Results showed that streams with riparian corridors presented lower turbidity, Biochemical Oxygen Demand (BOD_5) and coliforms in the water, and had more diversity of inorganic substrates. The relative abundance of the Trichoptera order and Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera combined was higher in the protected streams, showing that the stream environment is more suitable for these taxa, which are sensitive to perturbation. Riparian corridors proved useful in reducing the negative impact of cattle grazing on small watersheds of the La Vieja river catchment both by reducing water quality deterioration and by providing a better physical habitat for the aquatic fauna.

INTRODUCCIÓN

Desde la introducción del ganado bovino por los españoles en el siglo XVI, amplias áreas de terreno en zonas de ladera en la Región Andina de Colombia han sido transformadas en áreas de pastoreo extensivo (Etter y Wyngaarden 2000). En la actualidad, esta región es la más poblada del país a nivel urbano y rural y sostiene una amplia actividad agrícola y ganadera. Se considera que el 70% de la cobertura boscosa de la región ha sido transformada y que cerca del 80% de la tierra deforestada está ocupada por pasturas (Etter y Wyngaarden 2000, Murgueitio e Ibrahim 2001).

1 Fundación CIPAV. julian@cipav.org.co (autor para correspondencia). Correo electrónico: gloria@cipav.org.co; lina@cipav.org.co;
2 Grupo LimnoBasE, Universidad de Antioquia. Correo electrónico: mairu03@gmail.com



Aspecto de una quebrada ganadera protegida por un corredor ribereño maduro en la cuenca del río La Vieja, Colombia. (foto: Julián Chará).

La cuenca del río La Vieja está ubicada en la región cafetera colombiana, y como tal, durante el último siglo sus ecosistemas naturales fueron transformados para establecer cultivos intensivos de café en la década del 80 y comienzos de los 90 del siglo pasado. La rentabilidad de la producción y la falta de orientación en aspectos ambientales hicieron que los cultivos se extendieran hasta la orilla de los riachuelos o quebradas de la zona, destruyendo la vegetación ribereña. Sin embargo, desde mediados de los 90, debido a la crisis de los precios internacionales del café, una parte importante de estos cultivos fue convertida a pasturas. Se calcula que entre 1992 y 1996 se convirtieron más de 14000 ha en potreros (Sadeghian et ál. 1999). Durante este proceso, las pasturas se sembraron hasta la orilla de los cuerpos de agua, aprovechando que no existía ninguna protección de las quebradas en los cultivos de café previamente establecidos. Estas transformaciones locales han generado impactos negativos importantes sobre el ambiente general de la zona, con pérdida de biodiversidad, deforestación (Murgueitio y Calle 1999), deterioro de suelos (Sadeghian et ál. 1999) y de los recursos hídricos (Chará et ál. 2004).

Se ha demostrado que las actividades humanas en las cuencas influyen sobre los ecosistemas de las quebradas o riachuelos que las drenan (Rothrock et ál. 1998, McFarland y Hauck 1999). La perturbación antrópica del paisaje sobre las cuencas hidrográficas mediante la agricultura, la deforestación y el pastoreo rompe las relaciones estructurales y funcionales entre los elementos del paisaje y la estabilidad del ambiente acuático (Schlosser 1991). Las principales influencias en la modificación del paisaje son el incremento de la descarga de sedimentos y nutrientes a las quebradas (Allan y Johnson 1997) y la pérdida de la capacidad reguladora de las microcuencas (Etter y Wyngaarden 2000). Entre las actividades humanas en las cuencas, el pastoreo del ganado es particularmente notable por el área que ocupa en muchas partes del mundo, en especial en los trópicos (Murgueitio e Ibrahim 2001). El pastoreo del ganado ejerce un gran impacto sobre los ambientes acuáticos, ya que compacta el suelo, reduce la infiltración e incrementa la escorrentía, lo cual disminuye la regulación hídrica en las cuencas (Weigel et ál. 2000). Las heces y la orina depositadas en el área de captación y dentro de las quebradas pueden incrementar los niveles de fósforo y nitrógeno en el agua (Lemly 1982). Además, el ganado afecta la vegetación y el suelo en el área ribereña con destrucción de las orillas y cambio en la morfología del cauce, lo que afecta la calidad fisicoquímica del agua y los hábitats de insectos acuáticos y peces (Sovell et ál. 2000). Adicionalmente, para quebradas pequeñas, la destrucción de la vegetación ribereña reduce la entrada de hojarasca al ambiente acuático, que es la principal fuente de energía de estos ecosistemas (Winterbourn y Townsend 1991, Osborne y Kovacic 1993).

Una de las estrategias planteadas para reducir el impacto de la agricultura sobre las corrientes de agua son los corredores ribereños, que son franjas de vegetación natural que se dejan crecer a ambos lados de las quebradas. Los corredores actúan como amortiguadores (*buffers*) entre el área de captación y la quebrada, reteniendo el exceso de sedimentos y nutrientes, reduciendo la velocidad de la escorrentía, proveyendo energía e incrementando la diversidad de hábitats (Osborne y Kovacic 1993). En la cuenca del río La Vieja, Colombia, en el marco del proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas (financiado por el Banco Mundial e implementado por CATIE en Costa Rica, CIPAV en Colombia y Nitlapán en Nicaragua), se está promoviendo la recuperación de algunas quebradas mediante el establecimiento de corredores ribereños. Este uso del suelo —de gran importancia desde el punto de vista de su contribución al mantenimiento de la biodiversidad y la captura de carbono— es, por su proximidad a las corrientes de agua, un elemento fundamental en la protección del recurso hídrico.

El presente estudio se realizó con el fin de conocer el estado de quebradas pequeñas de la zona ubicadas



Aspecto de una quebrada sin vegetación protectora en la zona ganadera del río La Vieja, Colombia (foto: Julián Chará)

en microcuencas ganaderas, y de determinar el efecto de los corredores ribereños como una herramienta de protección del recurso hídrico. Para ello, se compararon quebradas que tenían algún grado de protección mediante corredores ribereños con quebradas en donde el ganado bovino pastoreaba sin restricciones hasta la orilla del cauce.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en microcuencas con predominancia de pasturas en la cuenca media del río La Vieja, Colombia. La mayoría de las quebradas escogidas se encuentran dentro de fincas que participan en el proyecto. Las microcuencas se ubicaron entre 3º24' y 4º41'N, y entre 75º42' y 76º31'O. La altitud de las quebradas varió desde 968 hasta 1665 msnm.

Se evaluaron 15 quebradas, de las cuales 10 estaban completamente desprotegidas y corrían a través de la matriz de pasturas, y cinco estaban protegidas por un corredor ribereño de más de 10 m de ancho a cada lado de la quebrada y sin acceso del ganado. Se descartaron quebradas con influencia marcada de usos de suelo distintos a la ganadería o con contaminación por aguas residuales de viviendas o explotaciones pecuarias.

La selección de los tramos y la realización de los muestreos se basó en una metodología descrita por Barbour et ál. (1999) y adaptada para la zona por Chará (2004). Para cada quebrada se tomaron muestras de agua para realizar un análisis fisicoquímico y bacteriológico que incluyó las siguientes variables: temperatura, oxígeno disuelto, pH, turbidez, conductividad, nitrógeno amoniacal, fósforo total, sólidos suspendidos, demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), alcalinidad total, coliformes totales y coliformes fecales. Además, se seleccionó un tramo representativo de 100 m de longitud, donde se tomaron medidas de la morfología del cauce (ancho del canal, ancho de la corriente, profundidad, tipo de corriente, tipo de sustrato inorgánico y caudal).

Adicionalmente, se evaluó el estado de los macroinvertebrados acuáticos presentes mediante una red tipo D de 500 µm de ojo de malla. Se realizaron 20 arrastres de los hábitats más representativos en proporción a su ocurrencia. Los hábitats muestreados fueron piedras, vegetación en el cauce, piscinas y hojarasca, entre otros. Los macroinvertebrados fueron preservados en alcohol para su posterior identificación. En el laboratorio se identificaron hasta el menor nivel taxonómico posible con la ayuda de un estereoscopio con aumento de entre 10 y 40X.

Análisis estadístico

Se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov con el programa InfoStat (2004) para determinar si existían diferencias estadísticas entre las quebradas desprotegidas y las quebradas protegidas con corredores ribereños para los parámetros estudiados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aspectos abióticos

Las quebradas desprotegidas presentaron valores promedio notablemente más altos para parámetros como turbidez, demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), sólidos suspendidos totales, y coliformes totales y fecales. Sin embargo, debido a la variabilidad entre quebradas de la misma clase, se encontraron diferencias significativas sólo para turbidez ($p < 0,05$; Cuadro 1). Los valores menores de turbidez encontrados en las quebradas con bosques ribereños confirman la utilidad de estos elementos para retener parte de la erosión proveniente del área de captación, tal y como lo mencionan varios estudios (Peterjohn y Correl 1984, Winterbourn y Townsend 1991, Moore y Richardson 2003). De igual manera, la tendencia hacia una mayor concentración de DBO_5, sólidos suspendidos y coliformes en las quebradas sin protección obedece a que la materia fecal depositada en el área de captación y en las cercanías de la quebrada está aportando materia orgánica y patógenos al agua, ya

Cuadro 1. Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua en quebradas de zonas ganaderas en la cuenca del río La Vieja, Colombia (promedio ± *s*)

Variable	Quebradas desprotegidas (*n* = 10)	Quebradas con corredor ribereño (*n* = 5)
pH	6,4 ± 0,5 a	6,2 ± 0,7 a
Alcalinidad total (mg l^{-1} $CaCO_3$)	61, 7 ± 33,3 a	32,6 ± 16,0 a
Turbidez (UNT) [a]	65,4 ± 81,8 a	3,8 ± 3,0 b
Conductividad (µS cm^{-1})	102,7 ± 51,9 a	111,8 ± 70,0 a
Oxígeno disuelto (mg l^{-1})	4,7 ± 2,3 a	5,0 ± 2,2 a
DBO_5 [b] (mg l^{-1})	16,4 ± 24,0 a	5,4 ± 0,9 a
N-NH_3 (mg l^{-1})	0,14 ± 0,26 a	0,30 ± 0,39 a
PO_4 (mg l^{-1})	0,32 ± 0,33 a	0,10 ± 0,01 a
Sólidos suspendidos (mg l^{-1})	88,0 ± 141,8 a	17,6 ± 13,2 a
Coliformes totales (NMP) [c]	93550 ± 215530 a	4040 ± 4807 a
Coliformes fecales (NMP)	91880 ± 216198 a	4040 ± 4807 a

Notas: [a] UNT = unidades nefelométricas de turbidez; [b] DBO_5 = demanda bioquímica de oxígeno; [c] NMP = número más probable. Diferentes letras en la misma fila indican diferencia estadística significativa según la prueba de Kolmogorov-Smirnov ($p < 0,05$).

Cuadro 2. Características morfológicas del cauce en quebradas de la zona ganadera de la cuenca media del río La Vieja, Colombia (promedio ± *s*)

Variable	Quebradas desprotegidas (*n* =10)	Quebradas con corredor ribereño (*n* = 5)
Ancho del cauce (cm)	542,0 ± 434,8 a	221,7 ± 95,9 a
Ancho húmedo[a] (cm)	438,0 ± 345,8 a	190,0 ± 74,2 a
Profundidad promedio (cm)	9,7 ± 5,1 a	34,1 ± 41,0 a
Caudal (l s^{-1})	10,3 ± 6,7 a	6,92 ± 6,1 a

Nota: [a] Ancho húmedo = ancho del flujo de agua. Letras similares en la misma fila indican que no existe diferencia estadística significativa según la prueba de Kolmogorov-Smirnov ($p > 0,05$).

que éstos corren libremente por escorrentía. A diferencia de lo reportado por Lemly (1982), no se presentaron diferencias significativas en los niveles de nutrientes ni de coliformes, aunque para estos últimos se presentó un número mucho más alto en las quebradas sin protección ($p > 0,05$; Cuadro 1).

Se observa que existe una tendencia a las quebradas más anchas y menos profundas en los potreros (Cuadro 2), lo cual obedece posiblemente a la perturbación causada por el ganado sobre los canales, destruyendo las orillas y ampliando el cauce. En contraste, en las quebradas protegidas, las raíces de los árboles y la poca perturbación del ganado permiten que el cauce se mantenga más estable y angosto (Cuadro 2). Las diferencias encontradas, sin embargo, no fueron estadísticamente significativas ($p > 0,05$; Cuadro 2). Baillie y Davies (2002), en un estudio en Nueva Zelanda donde se compararon quebradas en microcuencas ganaderas con quebradas de zonas boscosas y áreas forestales, encontraron también que, aunque las quebradas de microcuencas ganaderas presentaron una tendencia a tener mayor ancho y menor profundidad, las diferencias no fueron significativas por la amplia variabilidad entre quebradas del mismo tipo.

El análisis del sustrato inorgánico demostró que el 79% del fondo del cauce en las quebradas sin protección estaba cubierto por lodo o limo, mientras que en las quebradas protegidas este material sólo se encontraba cubriendo el 29% del fondo (Figura 1). El mayor porcentaje de sustratos finos en las quebradas ganaderas es, aparentemente, producto de la erosión y perturbación del cauce por el ganado. En contraste, las quebradas protegidas con corredores ribereños tienden a presentar mayor porcentaje de sustratos gruesos, como piedras. Esta situación también explica en parte el mayor valor de turbidez encontrado en las quebradas sin protección pues el lodo, por ser un material fino, se mezcla fácilmente con el agua por la corriente natural o por las perturbaciones ocurridas en el cauce. Por otro lado, la mayor diversidad de sustratos en las quebradas con bosque ribereño garantiza una mayor oferta de hábitats para los organismos que habitan en ellas (Sovell et ál. 2000, Chará 2004).

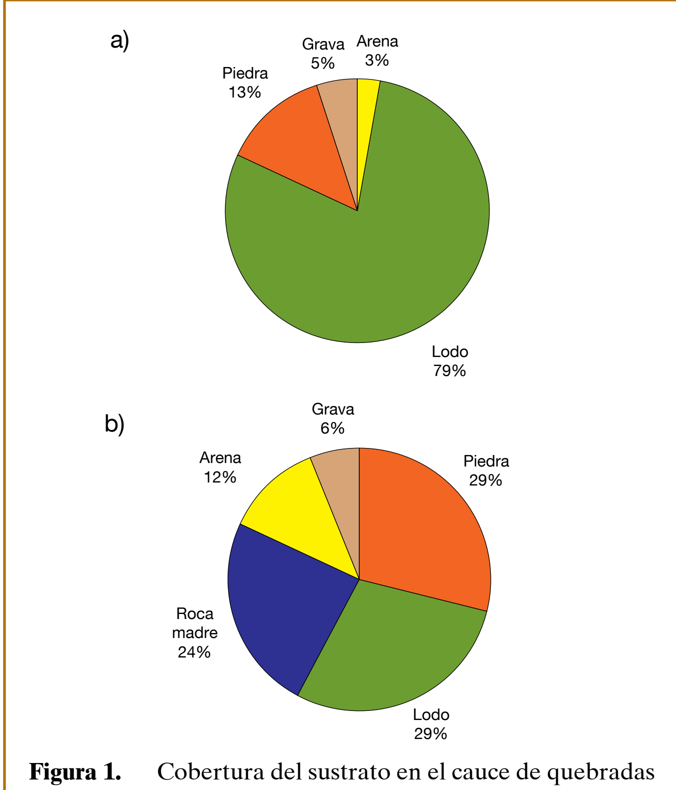


Figura 1. Cobertura del sustrato en el cauce de quebradas con a) pasturas sin árboles y b) bosque ribereño en zonas ganaderas de la cuenca del río La Vieja, Colombia.

En las quebradas protegidas por bosque ribereño se encontró un porcentaje de piscinas significativamente mayor ($p < 0{,}05$) que en las quebradas desprotegidas, en donde este hábitat fue reemplazado por corriente lenta y corriente rápida (Figura 2). Esta situación puede ser consecuencia de la mayor cantidad de sedimentos y sustratos finos que tienden a acumularse en las piscinas donde la velocidad del agua disminuye. Al igual que para la diversidad de sustratos, el mayor porcentaje de piscinas y su combinación con otros tipos de flujo es de gran importancia para soportar una biota más diversa dentro de la quebrada (Barbour et ál. 1999). Los elementos abióticos del ecosistema acuático que se han mencionado, en especial el ambiente físico, coinciden con lo reportado por Sovell et ál. (2000). Estos investigadores señalaron que las áreas de pasturas que carecen de bosques ribereños generan impactos negativos sobre la estabilidad física del hábitat para los organismos acuáticos.

Macroinvertebrados

En las 15 quebradas evaluadas se identificaron un total de 158 taxones de macroinvertebrados, pertenecientes a 77 familias y 18 órdenes. El número de taxones en cada quebrada varió entre 20 y 58, con un promedio general de 43. La composición de los macroinvertebrados estuvo dominada por estados larvales de insectos, aunque también se encontró un número importante de moluscos. En lo referente a riqueza, no se encontraron diferencias significativas entre los dos tipos de quebradas para los grupos de macroinvertebrados analizados ($p > 0{,}05$; Cuadro 3). Las quebradas con bosques ribereños presentaron en promedio 695 individuos por muestreo, mientras en las quebradas desprotegidas este valor ascendió a 4802, pero este aumento se debió en gran medida al incremento del número de organismos del *phylum* Mollusca.

El orden Diptera de la clase Insecta presentó el mayor porcentaje promedio de individuos, tanto para quebradas con bosque ribereño (37,2%) como para quebradas desprotegidas (36,5%). El orden Trichoptera fue el segundo en importancia para las quebradas protegidas, ya que representó el 25% de los individuos colectados. Este porcentaje es significativamente superior ($p < 0{,}05$) al encontrado en quebradas desprotegidas (3,6%). De igual manera, el orden Hemiptera se encontró en mayor porcentaje en las quebradas con bosque ribereño que en las quebradas desprotegidas ($p < 0{,}05$). En las quebradas en potrero, el 38% de los macroinvertebra-

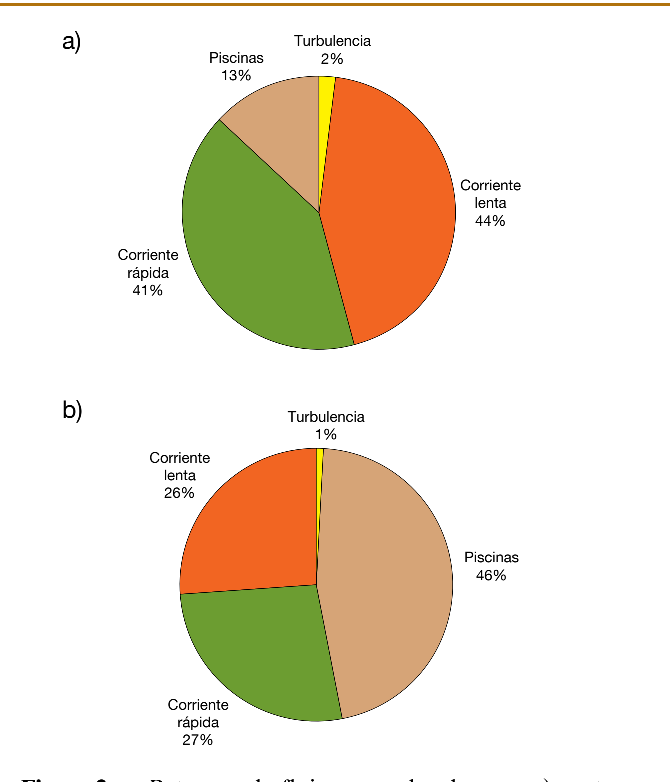


Figura 2. Patrones de flujo en quebradas con a) pasturas sin árboles y b) bosque ribereño en zonas ganaderas de la cuenca del Río La Vieja, Colombia.

Cuadro 3. Valores promedio de macroinvertebrados encontrados en quebradas ubicadas en zonas ganaderas de la cuenca del río La Vieja, Colombia

Variable	Quebradas desprotegidas (*n* = 10)	Quebradas con corredor ribereño (*n* = 5)
Abundancia	4802,4 a	695,4 b
No. de taxa total	45,8 a	36,2 a
No. de taxa de Ephemeroptera	2,7 a	2,8 a
No. de taxa de Trichoptera	6 a	7,2 a
No. de taxa de EPT[a]	8,9 a	10,2 a
Porcentaje de EPT	5,9 b	32,2 a

Nota: [a] EPT = sumatoria de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera. Diferentes letras en la misma fila indican diferencia estadística significativa según la prueba de Kolmogorov-Smirnov ($p < 0,05$).

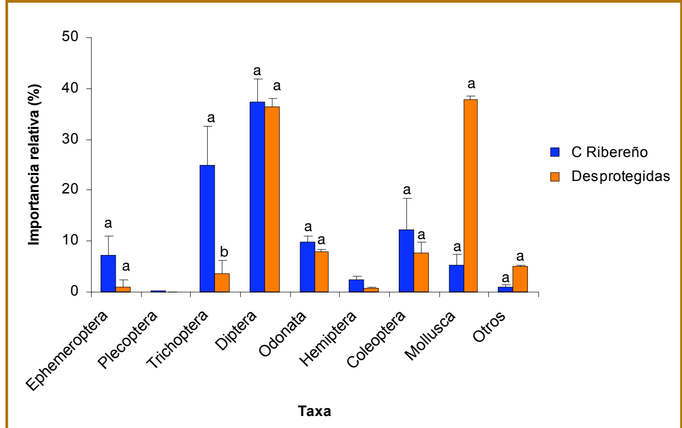


Figura 3. Distribución de macroinvertebrados acuáticos en quebradas de zonas ganaderas en la cuenca del río La Vieja, Colombia. Las líneas verticales sobre las barras corresponden al error estándar. Barras con letras distintas en cada taxa son significativamente diferentes según la prueba de Kolmogorov-Smirnov ($p < 0,05$).

dos pertenecieron al phylum Mollusca, mientras que en quebradas protegidas este taxón tuvo sólo un 5,2% de los individuos. Aunque esta diferencia no fue significativa ($p > 0,05$), demuestra que este taxón incrementa ampliamente su población y abundancia relativa en las quebradas sin protección, lo cual al parecer se debe a su mayor tolerancia a los sustratos finos y a que utilizan la mayor cantidad de materia orgánica disponible en las quebradas (Figura 3).

Contrario a lo reportado por muchos autores, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) en la abundancia relativa del orden Ephemeroptera entre quebradas protegidas y sin protección, aunque sí hubo una tendencia a presentarse en mayor número en las quebradas protegidas. No obstante, al comparar los valores del abundancia relativa de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera combinados (porcentaje de EPT) se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) entre las quebradas desprotegidas y las que poseían corredores ribereños. El porcentaje de EPT es un índice biótico comúnmente empleado como indicador biológico debido a que estos tres órdenes se consideran sensibles a las perturbaciones del ambiente (Rosemberg y Resh 1996). Lo anterior demuestra que la mayor diversidad de sustratos y tipos de flujo y las mejores condiciones fisicoquímicas del agua cuando hay corredores ribereños se reflejan en una comunidad de macroinvertebrados más diversa y con mayor número de individuos de las taxa menos tolerantes a la perturbación, tales como Trichoptera y la suma de los órdenes Ephemeroptera-Plecoptera-Trichoptera.

CONCLUSIONES

Las quebradas que fluyen de zonas de pastoreo sin protección presentan un deterioro de las características físicas del hábitat y de la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua. Esto a su vez influye negativamente sobre la comunidad de macroinvertebrados que vive en estos ambientes.

Los corredores de vegetación que se dejan crecer en ambos lados de las quebradas y el aislamiento para impedir el acceso del ganado a dichos lugares contribuyen notablemente a disminuir el impacto negativo del pastoreo. Por tal motivo, estos corredores ribereños pueden emplearse como una estrategia para disminuir el impacto de la ganadería sobre los ambientes acuáticos, pues contribuyen a tener mejor calidad de agua, mayor integridad del cauce, mejor hábitat físico y, consecuentemente, una biota más diversa dentro de las quebradas.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se realizó con el aporte de los siguientes proyectos: TF 050612, Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas, financiado por el Fondo Ambiental Global (GEF), el Banco Mundial, la FAO y la Iniciativa Ganadería y Medio Ambiente (LEAD); Proyecto CVC 202, Desarrollo de Servicios Ambientales en Paisajes Ganaderos del Norte del Valle del Cauca, financiado por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC); Proyecto Fortalecimiento del Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV) de COLCIENCIAS (Contrato RC 516-2003).

BIBLIOGRAFÍA CITADA

Allan, J; Johnson, L. 1997. Catchment-scale analysis of aquatic ecosystems. Freshwater Biology 37:107-111.

Baillie, B; Davies, T. 2002. Effects of land use on the channel morphology of streams in the Moutere Gravels, Nelson, New Zealand. Journal of Hydrology 41:19-45.

Barbour, MT; Gerritsen, J; Snyder, B; Stribling, J. 1999. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish. Washington, US, U.S. EPA, Office of Water. 408 p.

Chará, J. 2004. Manual de evaluación biológica de ambientes acuáticos en microcuencas ganaderas. 2 ed. Cali, CO, Fundación Cipav. 72 p.

________; Baird, D; Telfer, T. 2004. Effects of land use on biotic and abiotic aspects of low-order streams of the Colombian Andes. Bulletin of the North American Benthological Society 21(1):268.

Etter, A; Wyngaarden, V. 2000. Patterns of Landscape Transformation in Colombia, with Emphasis in the Andean Region. Ambio 29(7):412-439.

InfoStat. 2004. InfoStat, version 2004. Manual del Usuario. 1 ed. Argentina, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. 314 p.

Lemly, DA. 1982. Modification of benthic insect communities in polluted streams: Combined effects of sedimentation and nutrient enrichment. Hydrobiologia 87: 229-245.

McFarland, A; Hauck, L. 1999. Relating agricultural land uses to in-stream stormwater quality. Journal of Environmental Quality 28:836-844.

Moore, R; Richardson, J. 2003. Progress towards understanding the structure, function and ecological significance of small stream channels and their riparian zones. Canadian Journal of Forestry Research. 33:1349-1351.

Murgueitio, E; Calle, Z. 1999**.** Diversidad biológica en la ganadería bovina de Colombia. *In* Sánchez, M; Rosales, M. eds. Agroforestería para la Producción Animal en América Latina. Roma, IT, FAO. p. 53-87. (Producción y Sanidad Animal no. 143).

________; Ibrahim, M. 2001. Agroforesteria pecuaria para la reconversión ganadera en América Latina (en línea). Livestock Research for Rural Development 13(3). Consultado 10 m ay. 2005. Disponible en http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd13/3/murg133.htm

Osborne, L; Kovacic, D. 1993. Riparian Vegetated buffer strips in water quality restoration and stream management. Freshwater Biology 29(2):243-258.

Peterjohn, W; Correl, D. 1984. Nutrient dynamic in an agricultural watershed: Observations of the role of riparian forest. Ecology 65(5):1466-1475.

Rosemberg, D; Resh, V. 1996. Use of aquatic insects in biomonitoring. *In* Merrit R; Cummins, K. eds. An introduction to the aquatic insects of North America. Dubuque, US, Kendall/Hundt Publishing. p. 87-97.

Rothrock, J; Barten, P; Ingman, G. 1998. Land use and aquatic biointegrity in the Blackfoot river watershed, Montana. Journal of the American Water Resources Association 34(3):565-581.

Sadeghian, S; Rivera, J; Gómez, M. 1999. Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los Andes de Colombia. *In* Sánchez, M; Rosales, M. eds. Agroforestería para la Producción Animal en América Latina. Roma, IT, FAO. p. 123-142. (Producción y Sanidad Animal No. 143).

Schlosser, I. 1991. Stream Fish Ecology: A Landscape Perspective. BioScience 41(10):704-712.

Sovell, L; Vondracek, A; Frost, K; Mumford, G. 2000. Impacts of rotational grazing and riparian buffers on physicochemical and biological characteristics of southeastern Minnesota, USA, streams. Environmental Management 26(6):629-641.

Weigel, B; Lyons, J; Paine, L; Dodson, S; Undersander, D. 2000. Using stream macroinvertebrates to compare riparian land use practices on cattle farms in southwestern Wisconsin. Journal of Freshwater Ecology 15(1):93-106.

Winterbourn, M; Townsend, C. 1991. Streams and rivers: One way flow systems. In: Barnes, R; Mann, K .eds. Fundamentals of aquatic ecology. Oxford, UK, Blackwell Scientific Publications. p. 270.